

# La importancia de la innovación para la prevención y control de las enfermedades forestales. Proyecto Innobandas

Alejandro Cantero Amiano<sup>1</sup>,  
Josu Azpitarte Andrinúa<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ingeniero de montes. Hazi Fundazioa

<sup>2</sup> Baskegur

**El proyecto del Grupo Operativo Innobandas concluye que los tratamientos ensayados son eficientes para el control de la enfermedad de las bandas de las acículas en pinos y respetuosos con el medio ambiente.**

## NECESIDAD DE REFORZAR EL CONOCIMIENTO, LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE ENFERMEDADES Y PLAGAS

Las enfermedades y plagas forestales tienen cada vez mayor impacto en la salud de nuestros ecosistemas. El aumento exponencial de la entrada de mercancías y del movimiento de personas por nuestras fronteras está ocasionando una multiplicación del número de organismos potencialmente patógenos, que se introducen y se expanden por los montes. Por otro lado, el cambio climático está generando episodios meteorológicos extremos cada vez más frecuentes (sequías prolongadas y olas de calor extremo, granizadas, vendavales, etc.), que dañan y debilitan a los árboles, generando situaciones de estrés en las plantas y condiciones más favorables para la proliferación de plagas y enfermedades.

Todo ello está afectando a multitud de especies, autóctonas e in-

troducidas, y tanto a las que ocupan amplias superficies como a las menos frecuentes.

Por citar una serie de ejemplos, los **castaños**, afectados anteriormente por enfermedades como la tinta (*Phytophthora cinnamomi*), y el cancro (*Cryphonectria parasitica*), ambas introducidas, se ven ahora gravemente dañados por la avispa del castaño (*Dryocosmus kuriphilus*), de origen chino, y que se ha expandido por todo el mundo. El **fresno** está siendo afectado en la mayoría de países europeos desde mediados de la década de 1990 por *Chalara fraxinea*, hongo invasor procedente de Asia que causa la grave enfermedad del marchitamiento de los brotes, y que este año ha sido detectado ya en los Pirineos atlánticos franceses. La polilla del **boj** (*Cydalima perspectalis*), nativa de las regiones subtropicales húmedas del este de Asia, está causando graves defoliaciones y la muerte de bojales españoles desde hace tres o cuatro años.

Los veranos calurosos y secos están favoreciendo brotes de **escolítidos** que están destruyendo vastas extensiones de bosques en Europa central, debilitando las defensas naturales de las píceas (*Picea abies*) en la Chequia, el norte de Austria, Baviera y Eslovaquia. Llevan avanzando cuatro años por Francia y ya han llegado hasta el Pirineo.

El **nematodo de la madera del pino** (*Bursaphelenchus xylophilus*) fue detectado por primera vez en territorio europeo en Portugal en 1999, y desde 2008 la totalidad del territorio portugués está declarada como zona demarcada. Esta dañina plaga, que afecta principalmente al pino marítimo (*Pinus pinaster*) pero también a otros pinos como el insigne (*P. radiata*) o el silvestre (*P. sylvestris*), ha sido localizada en España en diversas ocasiones. La principal causa expansión de la plaga parece ser la no observancia de las condiciones de transporte de la madera, por lo que es obligada una llamada a la responsabilidad del sector para evitar el traslado de madera sin el necesario control. Como aspecto positivo cabe citar la reciente catalogación por parte del Centro de Investigaciones Forestales de Lourizán de tres familias de pino resistentes a esta plaga, lo que abre una puerta a la esperanza.

La lista de plagas y enfermedades que amenazan las masas forestales es extensa y preocupante; conocer los factores que están sirviendo para su expansión y agravamiento y las técnicas para su prevención y control debe ser prioritario para los organismos responsables de su gestión. Es fundamental el apoyo al estudio científico y experimental y la adopción de medidas de prevención y control.

Las nuevas tecnologías de información geográfica, como imágenes de satélite y teledetección mediante drones, son una potente herramienta para situar sobre el terreno el avance de las enfermedades y plagas, su grado de afección, velocidad de evolución e incluso la predicción de episodios que se puedan manifestar en el futuro.

El proyecto Innobandas ha constatado la buena correlación entre los datos de defoliación recogidos en parcelas de campo y los valores de

los índices NDVI y NBR recogidos por satélites y drones en las mismas fechas. Esto abre nuevos campos para el empleo de la teledetección a pequeña y gran escala en el seguimiento de enfermedades u otros tipos de daños forestales. También se han probado métodos innovadores para estimar la defoliación de las parcelas, como láseres 3D o fotografías cenitales.

### LA ENFERMEDAD DE LAS BANDAS DE LAS ACÍCULAS DE LOS PINOS

Se denomina enfermedad de las bandas de las acículas de pino la afección causada por tres especies de hongos, *Lecanosticta acicola*, *Dothistroma septosporum* y *Dothistroma pini*; la primera se conoce como banda marrón y afecta principalmente al pino insigne, y las otras dos como banda roja, y afectan además a otras especies de pinos, como el laricio.

La enfermedad de las bandas de las acículas se conocía desde hace décadas, pero era una enfermedad oportunista, que se manifestaban sobre todo en fondos de valle, montes con alta densidad arbórea o zonas con alta humedad ambiental. Durante los últimos años se ha agravado de forma creciente, con una gran afección en 2018 y una atenuación posterior en 2019. En masas de pino insigne ha afectado sobre todo la banda marrón y en masas de pino laricio la banda roja.

Las condiciones climáticas, con humedad relativa anormalmente elevada, factores endógenos de los patógenos, la entrada de nuevas cepas y otros factores que se continúan investigando han hecho que las medidas silvícolas habituales no sean suficientes para detener el avance de esta enfermedad. La afección ha sido más grave en plantaciones jóvenes y en masas con síntomas de estrés previo (p.e. exposición sur y suelos pobres o plantaciones con un estado fisiológico deficiente).

Las consecuencias están siendo preocupantes para el sector forestal del País Vasco, donde el pino insigne abarca el 32 % de la superficie forestal arbolada y genera el 80 % del total de aprovechamientos y el 68 % de la actividad de la industria de la madera.

En esta comunidad autónoma el sector forestal integra a 40.000 personas, genera más de 20.000 empleos y supone el 1,5 % del PIB, según datos del Informe 2018 del Observatorio Vasco de la Madera.

En vista del agravamiento de la situación, desde las administraciones, centros de investigación y el conjunto del sector forestal y de la madera de Euskadi se intensificaron el análisis e investigación en torno a estas enfermedades y las posibles formas de prevención y control. Como resultados se pueden citar: la aprobación en 2018 de la *Estrategia vasca para la recuperación de bosques de coníferas*; Neiker puso en marcha el *Plan experimental para el control de la enfermedad de las bandas de pino en Euskadi*; Hazi ha puesto a punto un sistema para evaluación del avance de la enfermedad por medio de imágenes satélite; y el sector forestal-madera de Euskadi, junto con el de Cantabria y Navarra, han desarrollado el proyecto Innobandas. Otros proyectos europeos como Espacio Atlántico *Reinforce* (2009-2013), *Sudoe Forrisk* (2012-2014) o *Life Healthy Forest* (2015-2019) han permitido poner a punto diversas herramientas y visores de cuantificación de los pinares defoliados en el País Vasco (basados en el programa Copernicus y el índice NBR), de seguimiento de las condiciones climatológicas en tiempo real y de asesoramiento a los propietarios forestales sobre las especies arbóreas más aconsejables para sustituir a los pinares enfermos en cada tipo de clima y terreno.

### PROYECTO INNOBANDAS

El proyecto de innovación sobre bandas de acículas de pinos (Innobandas), financiado por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y el Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (FEADER), ha confirmado la efectividad de los tratamientos ensayados para el control de la enfermedad de las bandas de las acículas en pinares de Navarra, Euskadi y Cantabria, que son a su vez respetuosos con el entorno natural.

El proyecto, finalizado en agosto de 2020, ha contado con la participación de Baskegur, Foresna, Acemm, Galca, Hazi, Neiker y Basoekin, y con

la colaboración de Aspapel, las diputaciones forales de Álava, Vizcaya y Guipúzcoa, el Departamento de Desarrollo Rural, Medio Ambiente y Administración Local del Gobierno de Navarra y la Dirección General del Medio Natural del Gobierno de Cantabria.

El objetivo fue determinar por medio de ensayos en el monte la eficiencia de diferentes tratamientos para controlar la enfermedad de las bandas de acículas en pino insignie y laricio, y su sostenibilidad ambiental. Los productos utilizados habían sido previamente testados en laboratorio.

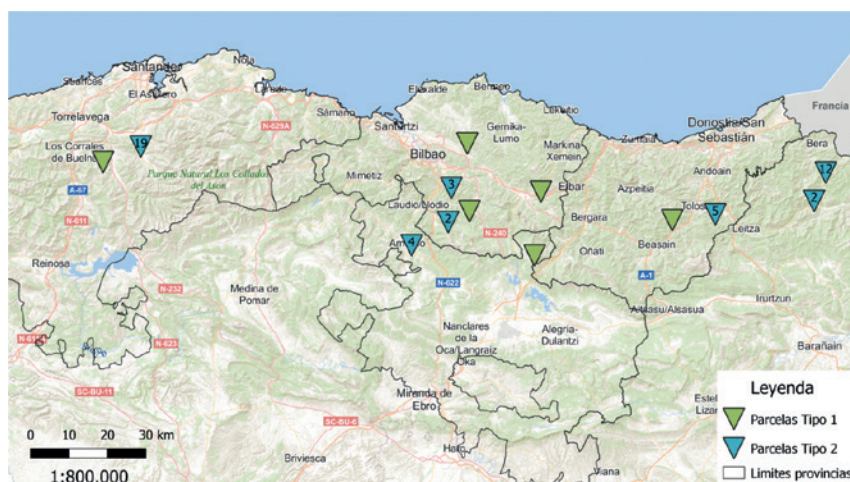
Los expertos consultados sostenían que una aplicación de óxido de cobre a ultrabajo volumen no generaría afecciones medioambientales y podía combatir con eficacia las enfermedades de las bandas de las acículas a unos costes asumibles, pero se quería corroborar y comparar los resultados con los de otras sustancias, como aceites esenciales vegetales o bioestimulantes.

### Diseño de las parcelas

Para el proyecto Innobandas se diseñaron series de parcelas de dos tipos: las de tipo 1 permitían la realización de ensayos con suficientes repeticiones para obtener resultados significativos estadísticamente, y se realizaron sobre masas jóvenes por medio de mochila y tratamiento individualizado. En las de tipo 2 se hicieron tratamientos por rodal por medios motorizados, con cañón pulverizador, pero sin repeticiones dentro de cada ensayo, dada la orografía y la fragmentación de la propiedad de los pinares de la zona de trabajo. Neiker, con el conocimiento recabado de expertos internacionales y sus propias experiencias en laboratorio, determinó los seis tratamientos (incluido el testigo) que se han utilizado en los dos tipos de parcelas. A cada tipo de tratamiento se le asigna un código de colores para poder identificarlo, tanto en la ejecución como en la posterior medición.

### Mediciones de campo realizadas

El principal parámetro medido para determinar el grado de efectividad de los productos aplicados fue la decoloración y defoliación de los dos tercios superiores de la copa de



**Distribución de las parcelas experimentales del proyecto Innobandas**

INNOBANDAS



### Productos elegidos

Los productos elegidos en el proyecto Innobandas para los ensayos de 2019 han sido:

|                                 |                                                                                                                         |
|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Desfan 100</b>               | Compuesto orgánico complejo proveniente de la extracción de las semillas de la naranja y pomelo                         |
| <b>Nordox Cobre 75%. WG</b>     | Óxido cuproso presentado en forma de gránulos dispersables en agua.                                                     |
| <b>Bio 75 Red Thyme (Timol)</b> | Extracto de tomillo ( <i>Thymus zygis</i> ) con propiedades antifúngicas e inductoras de la producción de fitoalexinas. |
| <b>Biofungitek</b>              | Bicarbonato potásico y componentes activos sinérgicos.                                                                  |

Se han realizado nueve tipos diferentes de tratamientos:

| Tratamiento                         | Etiquetas de fila |
|-------------------------------------|-------------------|
| Único tratamiento de Nordox         | Am1               |
| Doble tratamiento de Nordox         | Am2               |
| Único tratamiento de Timol          | Az1               |
| Doble tratamiento de Timol          | Az2               |
| Único tratamiento de Desfan + Timol | Bl1               |
| Desfan+Timol y Bicarbonato potásico | Bl2               |
| Timol y Bicarbonato potásico        | Ro2               |
| Desfan                              | Ve                |
| Testigo (sin tratamiento)           | Ne                |

los pinos. Se han realizado tres mediciones: en mayo de 2019, antes de la intervención; en octubre de 2019, después de la primera campaña; y en mayo de 2020, para dar conocer los efectos tras el invierno y un año entero desde la primera medición. Así se puede cuantificar la evolución de las

masas tratadas y también de los testigos en las parcelas que no han recibido tratamiento, en las que la enfermedad ha progresado de forma natural sin ningún tipo de intervención.

En total se han medido tres veces 911 árboles de tipo 1 y 243 árboles de tipo 2 en los ensayos.

## EVOLUCIÓN DE LOS TESTIGOS

La evolución de los ensayos está muy relacionada con cada localidad. El estado fisiológico previo, marcado por los condicionantes de la estación, y la intensidad de la afección en la zona, marcan evoluciones diferentes en cada localización.

A través de la medición de las parcelas testigo se ha podido evaluar la intensidad de la afección por cada localización y considerar así su influencia en la evolución de los ensayos.

## Resultados de la eficacia de los tratamientos realizados

En el gráfico 2 se representan las diferencias entre las tres mediciones de los diferentes tratamientos en las localizaciones de tipo 1.

Descontando la variación de las parcelas sin tratamiento en los resultados obtenidos con los diferentes tratamientos, se obtiene el gráfico 3.

Tras su análisis, se concluye que:

- Los mejores resultados, como era de esperar, se consiguen en los tratamientos con óxido cuproso, tanto con doble aplicación (Am2) como con una única aplicación (Am1).
- Los tratamientos con Timol (Az) con una o dos aplicaciones y con Desfan (Ve), presentan efectos de interés.
- Descontando la evolución de las parcelas testigo, todos los tratamientos aplicados mejoran el comportamiento del testigo.

## EVALUACIÓN DE LOS ENSAYOS EN EL ENTORNO

Uno de los objetivos del proyecto Innobandas es garantizar que los productos utilizados cumplan con la normativa medioambiental y no causen ningún impacto reseñable en el entorno. Neiker se ha responsabilizado del control de la posible ecotoxicidad de los productos ensayados con el fin de garantizar que son seguros, centrándose sobre todo en los controles sobre el óxido cuproso, por ser el que, *a priori*, más afecciones medioambientales podría generar.

Las tareas realizadas han sido las siguientes:

1. Estimación de la deposición de cobre en suelo.
2. Análisis del impacto ecotoxicológico

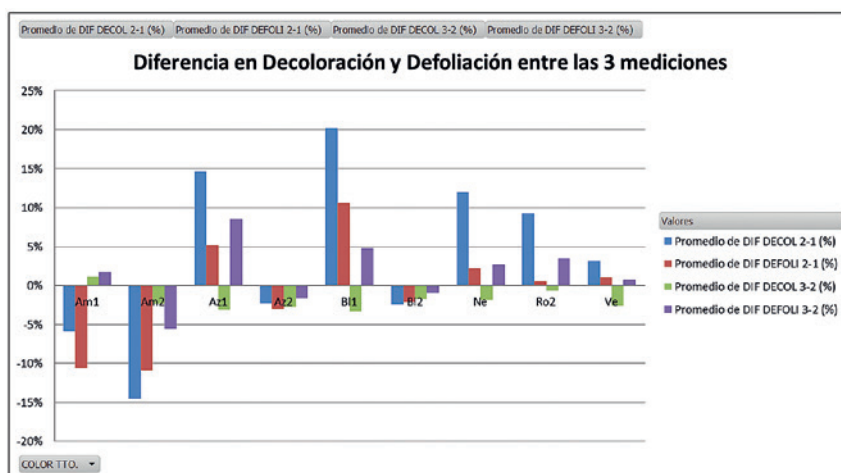
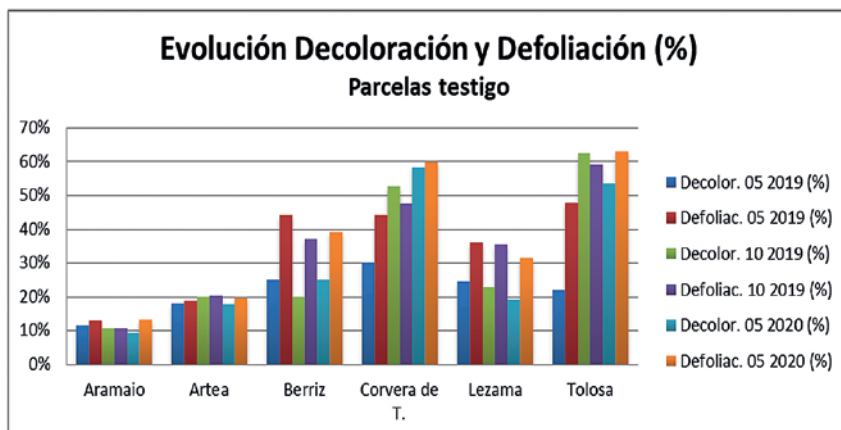


Gráfico 2. Diferencias de decoloración y defoliación en parcelas tipo 1.

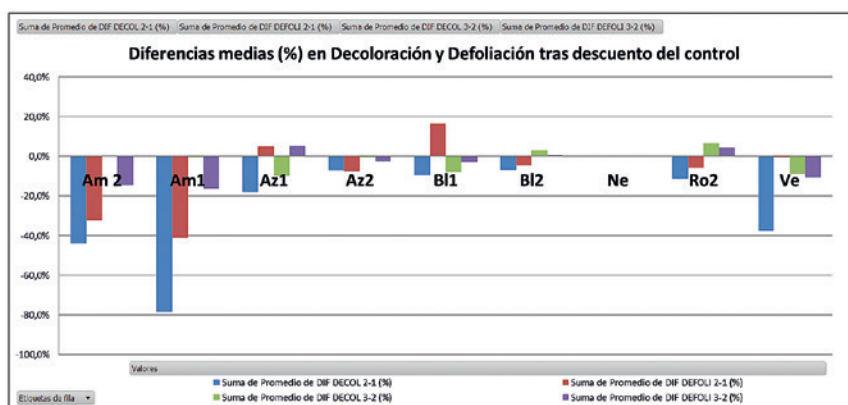


Gráfico 3. Diferencias en decoloración y defoliación tras descontar la evolución de las parcelas testigo

co en la microbiota (MARA)

3. Determinación de cobre en suelo y agua (antes del tratamiento, tras la primera Lluvia, y un mes después de la aplicación)
4. Evaluación de la biodisponibilidad del cobre en el suelo.

## Estimación de la deposición de cobre en suelo.

Se ha determinado la deposición de cobre en el suelo mediante el uso

de láminas trazadoras (láminas Mylar), para comprobar cuánto del cobre nebulizado llegaba al suelo. Junto a la hoja se disponía también un papel hidrosensible para comprobar si existía deposición, que la distribución de la aplicación era homogénea y si el cobre llegaba o no al soporte.

En los resultados de 2019 y 2020 no se aprecia una deposición con riesgo medioambiental.

Las mayores concentraciones se





*La diferencia entre pinos tratados y no tratados es manifiesta a lo largo de todo el año*

observan en el mantillo, la zona más superficial, sin llegar a afectar a perfiles más profundos.

En 2020 en Orozko se ha completado el método de control con testigos a más distancia, siendo prácticamente nulas las deposiciones de cobre registradas. Solo cabe mencionar un ligero pico en las hojas Mylar situadas a 5 m del equipo de aplicación.

#### **Evaluación del impacto ecotoxicológico en la microbiota del suelo y agua**

Para la evaluación del impacto ecotoxicológico en la microbiota del suelo y agua se realizaron muestreos de la solución intersticial del suelo al inicio, tras el primer período de lluvia y un mes después de la aplicación.

Estos muestreos se han realizado mediante "Rhizon" de baja presión negativa y posterior bioensayo multiespecífico "MARA" que consiste en la inoculación en la muestra de agua de una colección de once microorganismos genéticamente diversos (diez bacterias y una levadura) para determinar el grado de toxicidad de las muestras recogidas.

#### **Especiación del cobre**

Para evaluar la biodisponibilidad de los cobres en los suelos, se de-



*Instrumental "Rhizon" de baja presión negativa y su disposición en las parcelas*

sarrolló un método de extracción secuencial con distintos extractantes, para visualizar las fracciones de cobre biodisponible que es el que más afectaría tanto a los microorganismos del suelo como a los recursos naturales.

Como **conclusión sobre la posible ecotoxicidad** de los tratamientos se puede concluir que:

- En ninguno de los tratamientos realizados se han producido daños medioambientales al suelo.
- En las muestras de agua las concentraciones de cobre y los porcentajes de inhibición encontrados son inapreciables y no tóxicos.

Los tratamientos terrestres no han alterado significativamente el contenido basal de cobre inorgánico en el suelo ni en el agua (contenido basal medio: 18,02 mg/kg o 18,02 ppm).

Los contenidos de cobre inorgánico en el agua, no superan los límites máximos permitidos para agua potable (2 mg/l) ni para referencias de calidad máxima de agua (media de >2 ug/kg/año)

#### **Más información en:**

<https://baskegur.eus/2020/05/04/innobandas-un-proyecto-innovador-de-sanidad-forestal/>